

一种评估人工增雨量对水资源量贡献的计算方法

班显秀 王吉宏 (辽宁省人工影响天气办公室 沈阳 110016)

摘要 将辽宁作为一个闭合区域,从水资源平衡的角度出发,分析了1991~2004年辽宁的水资源状况及降水量与水资源总量之间的相互关系,在此基础上建立了一种评估人工增雨量对水资源量贡献的计算方法。

关键词 大气降水 人工增雨 评估 水资源量

辽宁是水资源严重匮乏的省份,人均水资源占有量仅有700 m³ [1],是全国人均水资源占有量(2251 m³) [2]的1/3。由于水资源短缺,严重影响了人民群众的生活、工农业生产和生态环境建设,影响了和谐社会的建设,为此,辽宁省政府提出了“三个转变,四个延伸”的人工增雨工作思路。“三个转变”一是从传统的以防灾减灾为主向防灾减灾、缓解水资源、生态环境建设等多领域、多目标转变;二是从使用传统的作业技术和设备向注重提高科技水平、技术含量和作业效益转变;三是从粗放型管理向依法规范管理和科学管理转变。“四个延伸”一是从增雨抗旱向增雨蓄水延伸;二是从增雨向增雪延伸;三是从白天增雨向全天候增雨延伸;四是从稳定性天气增雨向不稳定性天气增雨延伸。根据这个工作思路,人工增雨的一个重要目的就是增加辽宁的水资源总量。

本文利用辽宁省水利厅提供的辽宁水资源总量资料和辽宁气象部门的实测降水量资料,分析了辽宁的水资源状况、降水量与水资源总量之间的关系,在此基础上提出了一种评估人工增雨量对区域水资源量贡献的方法,用以解释人工增雨对改善水资源的贡献。

1 水资源状况

把辽宁作为一个闭合区。就一年而言,在该区域内,其水分平衡的基本方程 [2] 为:

$$P + W_{\lambda} = W_{\text{出}} + E + \Delta W \quad (1)$$

式(1)中 P 为全省的年降水量(单位为亿 m³),即:

$$P = \sum_{i=1}^n (p_i \times S_i) / 100\,000 \quad (2)$$

式(1)中 W_{λ} 为省外流入量(单位为亿 m³); $W_{\text{出}}$ 为省内流出量(单位为亿 m³); E 为蒸发量(单位为亿 m³); ΔW 为辽宁省水资源变化量,由 $\Delta W = W_{\text{上年}} - W_{\text{当年}}$ 求得, $W_{\text{上年}}$ 和 $W_{\text{当年}}$ 分别表示上一年和当年的水资源量。式(2)中的 p_i 为某观测站的降水量(单位为 mm), S_i 为 p_i 观测站代表区域的面积(单位为 km²) [3]; n 为降水量观测站个数。目前,国内外均以本地降水所产生的地表水、地下水总量定义为本地的水资源总量,就长期来说, ΔW 各年有正有负,多年平均为零 [4], 则式(1)可以写成:

$$\bar{P} + \bar{W}_{\lambda} = \bar{W}_{\text{出}} + \bar{E} \quad (3)$$

根据辽宁省水利厅和辽宁气象部门提供的资料,本文统计了1991~2004年辽宁水资源总量、1995~2004年辽宁入境和出境水量,1991~2004年辽宁总降水量。计算了1996年~2004年辽宁总蒸发量(表1)。从表1可以看出,历年辽宁平均进水量为981.7亿 m³,其中降水量为935.0亿 m³,占进水量的95.2%,省外流入量为46.7亿 m³,占进水量的4.8%,因此,降水量决定了辽宁进水量。辽宁历年平均耗水量为984.2亿 m³,由平均蒸发量和平均出境量构成。

表1 1991~2004年辽宁水资源各分量统计 亿 m³

年份	入境量 W_{λ}	降水量 P	水资源量 R	出境量 $W_{\text{出}}$	蒸散量 E
1991	—	1071.0	365.9	—	—
1992	—	819.7	210.3	—	—
1993	—	838.1	221.5	—	—
1994	—	1253.7	492.5	—	—
1995	130.9	1200.3	605.2	515.9	—
1996	61.9	993.5	416.1	321.5	923.0
1997	29.8	813.3	238.4	187.9	832.9
1998	61.3	1152.5	403.0	299.6	749.6
1999	43.6	729.4	182.0	155.1	838.9
2000	24.3	720.1	137.4	95.6	693.4
2001	36.0	845.2	254.8	161.7	602.1
2002	20.9	772.3	148.2	103.6	796.2
2003	26.3	935.9	179.4	143.0	788.0
2004	32.5	945.3	288.4	200.6	668.2
平均	46.7	935.0	295.9	218.4	765.8

2 降水量与水资源总量的关系

图1给出了1991~2004年辽宁水资源各分量随时间的变化。从图1可以看出,降水量折线同辽宁省水资源总量的折线基本平行,表明二者之间存在很好的相关关系,水资源总量随降水量而变化,降水量增加,水资源总量也增加,反之亦然,因此,降水量决定了水资源总量 [4]。

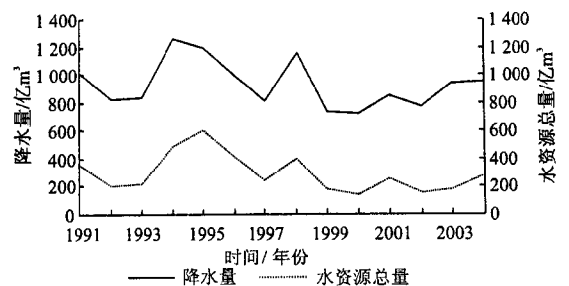


图1 水资源总量和降水量随时间变化

用 Q 表示水资源总量(单位为亿 m³), P 表示降水量(单位为亿 m³), 利用表1中的资料, 根据最小二乘法原理, 求得:

$$Q = -386.5 + 0.731P \quad (4)$$

相关系数 $r = 0.915$, 远远大于相关系数检验值 ($r_{0.01} = 0.641$), 通过了显著性检验。从图2可以看出, 回归值与实际

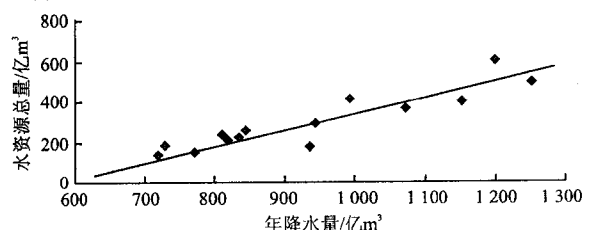


图2 1991~2004年辽宁年降水量与年水资源总量的散点变化

收稿日期:2005-05-10;修订日期:2005-06-29

值具有良好的线性相关关系。历史拟合绝对误差为 40.8 亿 m^3 , 相对误差为 13.8%, 历史拟合率为 86.2%。由此可见, 降水量是辽宁水资源总量的决定因素。

3 评估人工增雨量对水资源量的贡献

用 ΔQ 表示人工增雨对水资源的贡献量(单位为亿 m^3), 用 ΔP 表示人工增雨量(单位为亿 m^3), 这样, 通过人工增雨后的降水量为 $(P + \Delta P)$, 通过人工增雨后的水资源量为 $Q + \Delta Q$, 则式(4)可以写成:

$$Q + \Delta Q = -386.07 + 0.7308(P + \Delta P) \quad (5)$$

式(2)减式(1)得:

$$\Delta Q = 0.7308\Delta P \quad (6)$$

利用式(6)即可评估人工增雨量对水资源的贡献量。如: 每年通过人工影响增加 40 亿 m^3 的降水, 即 $\Delta P = 40$ 亿 m^3 , 利用式(6)求得 $\Delta Q = 29.23$ 亿 m^3 , 即可增加约 30 亿 m^3 的水资源量。

因此, 开发云水资源是解决水资源短缺的有效手段。

4 结语

4.1 水资源总量年季变化剧烈。就 1991~2004 年而言, 辽宁进水量与耗水量基本持平, 历年平均值分别为 981.7 亿 m^3 和 984.2 亿 m^3 , 相差无几, 但水资源总量年季变化很大。由于每年降水量的不同, 辽宁水资源总量变化很大, 最多的 1995 年为 605.2 亿 m^3 , 最少的 2000 年仅为 137.4 亿 m^3 , 相差 467.8 亿 m^3 , 水资源总量最多的年份是最少年份的 4.4 倍。上 1 a 的水资源总量极大地影响了下 1 a 的水分供应, 是水分供应的调节分量。如 1995 年辽宁水资源总量为 605.2

亿 m^3 , 1996 年降水量为 993.5 亿 m^3 , 属中等年份, 但是由于得到了上 1 a 年水资源量的补充, 水资源总量却远远高于平均值, 为 403 亿 m^3 。2003 年的降水量与 1996 年降水量相近, 均为 935.9 亿 m^3 , 由于得不到上 1 a 水资源量的补充, 水资源总量却远远低于平均值, 仅为 179.4 亿 m^3 。

4.2 大气降水是影响辽宁旱涝和水资源总量的决定因素。辽宁进水量的 95.2% 来自大气降水。即使通过水利工程从境外引进部分水量, 大气降水仍然是辽宁水资源的主体, 因此, 人工开发云水资源、增加大气降水是增加辽宁水资源总量的有效手段。

4.3 式(6)给出了一种评价人工增雨量对辽宁水资源量的贡献, 这是评估人工增雨效果的一个尝试。在使用时必须注意: 式(6)是利用辽宁年度降水量和年度水资源量的实测结果, 利用最小二乘法原理求得的, 式(6)只能用于辽宁人工增雨量对水资源量贡献的年度评价; 式(6)是在式(4)的基础上而得出的。通过式(4)可以看出, 只有当降水量达到一定值时才能形成水资源量, 也就是说, 当降水量达到一定值时才能形成地表水和地下水。人工影响增加的降水量是在有一定降水量的情况下增加的, 是形成水资源量最有效的降水。

参考文献

- 1 班显秀, 王吉宏. 辽宁水资源状况浅析. 辽宁气象, 2004, (4).
- 2 冯吉录. 浅谈中国水资源及未来展望. 河北水利水电技术, 2000, (3).
- 3 辽宁北方经纬测绘技术有限公司. 辽宁省地图册. 西安: 西安地图出版社, 2003.
- 4 刘俊民, 余新晓. 水文与水资源学. 北京: 中国林业出版社, 1999.